

FUNDAMENTOS CONCEPTUALES Y DIDÁCTICOS

REFLEXIONES SOBRE EL LENGUAJE CIENTÍFICO: ALGUNOS EJEMPLOS DE GEOLOGÍA

Reflections about scientific language: some examples of Geology

Mercè Izquierdo ()*

RESUMEN

En este artículo se proponen algunas ideas sobre el lenguaje científico que pueden resultar útiles para los profesores de ciencias: las diferencias entre el lenguaje científico y el lenguaje cotidiano, la posibilidad de utilizar los mismos términos en diferentes disciplinas científicas.

En primer lugar mostraré la capacidad de adaptación de los términos científicos (tomando como ejemplo el de cristal), característica que tiene en común con el lenguaje natural. Veremos a continuación que esta adaptabilidad está condicionada al discurso global propio de un grupo disciplinar. Por ello, es difícil generalizar cómo y cuando es posible utilizar determinados términos para conectar disciplinas diferentes. Como conclusión ofreceré algunas reflexiones encaminadas a un uso más eficaz del lenguaje en la enseñanza de las ciencias.

ABSTRACT

In this article some ideas are proposed about scientific language, which can be useful for science teachers: the differences between everyday language and scientific language and the differences between scientific disciplines (and their languages) and the possibility or desirability of a scientific and linguistic. I will develop these points first by showing the adaptability of scientific terms (for example, that of crystal) demonstrating a characteristic which is common to normal language. But we shall now examine the limitation of this adaptability, which is always conditioned to the global discourse of a discipline. Therefore it is difficult to generalise on how and when certain terms can be used to connect different disciplines. In conclusion I offer some reflections aimed at a more efficient use of language in teaching science.

Palabras clave: *Lenguaje científico, disciplina, lenguaje diario, cristal, enseñanza de las ciencias.*

Keywords: *Scientific language, discipline, everyday language, crystal, science teaching.*

INTRODUCCIÓN

Las ciencias se expresan en lenguajes específicos, sumamente eficaces porque contienen mucha información y porque permiten, a quienes lo comprenden, actuar de una manera científica, a la cual no tienen acceso los que se encuentran fuera de este ámbito. Por esto es frecuente creer que enseñando a los no expertos este lenguaje les enseñaremos también a actuar como expertos. Sin embargo, se ha visto que no se puede pasar del lenguaje natural al científico, si no se enseña, simultáneamente, a pensar y a actuar tal como lo hacen los científicos. (Izquierdo, 1995)

Tanto el lenguaje natural como el científico se desarrollan en un grupo que tiene determinadas finalidades comunicativas; lo que pasa es que el grupo de científicos es más cerrado que el grupo social en el cual se desarrolla el lenguaje natural. Se puede vivir en ambos grupos simultáneamente, y por ello no existe una rígida frontera entre sus

lenguajes... siempre y cuando se tenga claro que cada uno de ellos responde a una diferente “manera de mirar” que lleva consigo diferentes intereses, diferentes cuestiones y diferentes maneras de actuar.

Los lenguajes propios de las ciencias se desarrollan en el seno de una comunidad de expertos para comunicar nuevas ideas sobre determinados fenómenos y permitir nuevas acciones, como ordenar los hechos, nombrar las entidades nuevas, clasificar los acontecimientos, conectar con otras disciplinas o con otros conjuntos de fenómenos... Todo esto se realiza a partir de todos los lenguajes disponibles en cada época y por esto el lenguaje científico evoluciona y cambia. Sólo permanece inmutable y sujeto a una definición precisa aquel lenguaje que se ha hecho algo fósil, que no se usa para los nuevos conocimientos emergentes... y éste lenguaje semidifunto es el lenguaje que se enseña a los jóvenes (Christie, 1987).

(*) Departament de Didàctica de les Matemàtiques i de les Ciències Experimentals. Universitat Autònoma de Barcelona. Bellaterra, 08193 Barcelona

El significado de los términos científicos depende del conjunto de ideas que comparte una comunidad científica. Sin embargo, muchos términos tienen también significado en otras disciplinas próximas e incluso en la vida cotidiana. Existe pues para cada palabra una cierta gama de significados, cada uno de ellos válido para el grupo que lo utiliza y esta gama de significados puede incluso hacer más fértil al término.

En situación de aula, se puede dar el fenómeno inverso. Se produce cuando definimos de manera prematura los términos o cuando encajamos a la fuerza un término propio de una disciplina en un esquema teórico que le es ajeno, como consecuencia de un cierto afán reduccionista que nos empuja a utilizar unos pocos términos "clave" de manera generalizada. Debemos actuar aquí con una gran prudencia, como veremos más adelante.

Lo que da sentido al lenguaje son las ideas que permiten establecer relaciones significativas entre los fenómenos (Pleyán y Nogales, 1980). Es conveniente enseñar a los jóvenes esto y no obligarles a forzar los significados de las palabras más allá de lo que les resulte razonable. Para ello deberán introducirse los lenguajes nuevos sin desprestigiar al lenguaje natural, haciéndolo progresivamente, a medida que se conocen fenómenos nuevos, se actúa en ellos, se piensa sobre ellos, se lee lo que los textos dicen sobre ellos...Es posible así combinar la flexibilidad del lenguaje apropiado para la investigación científica con la normatividad del lenguaje científico que se aprende.

LAS DISCIPLINAS CIENTÍFICAS Y SUS LENGUAJES PROPIOS

Según Nye (1993) una disciplina se caracteriza por seis elementos: tiene una historia, con sus héroes y sus mitos; utiliza un lenguaje oral, escrito y gráfico que le es propio; se caracteriza por una manera de actuar codificada y normativa; se desarrolla en instituciones propias, con sus normas y responsabilidades; goza de reconocimiento externo; defiende unos valores y objetivos y se plantea un tipo específico de problemas, que confía en llegar a resolver.

Las personas que integran el grupo disciplinar comparten todo esto y ninguno de los elementos tiene sentido sin los otros. En este caldo de cultivo se desarrollan los nuevos lenguajes y en este ámbito se permiten metáforas y analogías que pueden parecer ambiguas a otros pero que, para el grupo, son iluminadoras, porque conectan perfectamente con el problema que las motivó. Por esto es tan difícil para las personas externas al grupo captar el significado de estos lenguajes; para ellos es necesario definir bien los términos y fijar exactamente las condiciones de validez de los mismos. En cambio los miembros del grupo disciplinar pueden opinar y discutir los casos nuevos que se presentan y pueden ampliar los conocimientos del propio grupo y el significado de los términos.

¿PUEDE UNA DISCIPLINA FECUNDAR A OTRA? EL SIGNIFICADO DE "CRISTAL"

Si es el grupo disciplinar el que da significado a los términos que se derivan de su investigación, de su práctica, de sus instituciones, valores y problemas propios, podemos preguntarnos si el lenguaje queda prisionero de grupos cerrados, puesto que cada grupo contempla el mundo desde una perspectiva diferente. Por suerte, esto no es así, ya que es imposible limitar la dinámica de creación de conocimiento y de lenguaje mediante fronteras arbitrarias. Las disciplinas evolucionan y en este proceso tanto comparten ideas con otras disciplinas como diferencian ideas que parecían próximas. Veamos, por ejemplo, cómo el término "cristal", común a los iatroquímicos, químicos, farmacéuticos y minerólogos durante siglos, adquiere un nuevo significado en el seno del grupo de minerólogos y sugiere en Química algo diferente, relacionado con el concepto emergente de molécula.

Como muchos términos científicos, "cristal" es el sustantivo de una cualidad, ser cristalino y de este sustantivo se deriva un verbo, cristalizar, relacionado con las acciones que permiten obtener cristales, del cual se deriva un nuevo sustantivo, cristalización, cuyo significado, para los químicos, se relaciona con un resultado útil, la purificación de sustancias (Halliday y Martin, 1993).

La observación de los cristales fue utilizada por los minerólogos desde siempre, pero la forma cristalina no parecía una característica permanente de los minerales, puesto que se consideraba que éstos crecían y se desarrollaban en el interior de la tierra. Los farmacéuticos y iatroquímicos la utilizaron junto con otras propiedades de los cuerpos para diferenciar unas sustancias de otras y para nombrarlas (terra folliata, para el acetato potásico, nitro cúbico para el nitrato sódico). Tampoco la composición Química, ya bien establecida a finales del XVIII, era suficiente para identificar minerales y sustancias, puesto que existen minerales y sustancias diferentes con una composición idéntica.

Abraham G. Werner (1750-1817) intenta asociar los nombres a una descripción precisa para que tanto los mineros como los estudiosos puedan identificar y nombrar correctamente a los minerales, considerados ya como especies fijas necesitadas de un marco teórico diferente del de la Biología. Explica con la máxima exactitud cómo utilizar las diferentes caracteres de los mismos para identificarlos y, en consecuencia, nombrarlos, estableciendo un catálogo perfectamente ordenado en el que aparecen todos los caracteres externos e internos posibles, con las subclases correspondientes (colores, formas, superficies, brillos externo, brillos interno, fracturas, formas de los fragmentos...). La forma cristalina es uno más entre estos caracteres.

Haüy (1743-1822) da un nuevo e importante paso. Considera que los colores de los cristales no son caracteres válidos para describir los minerales y se centra en las características geométricas, en las estructuras cristalinas. Pero va más a fondo: es capaz

de reducir a cinco las formas cristalinas que llama “primitivas”, a las cuales se llega a partir de la exfoliación del mineral “dividiéndolo según los planos existentes en el cristal”.

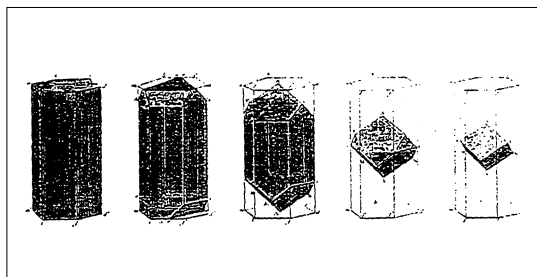


Figura 1. Los cristales contienen un núcleo al cual se llega por su división “natural”

Así, puede clasificar la calcita y el aragonito como dos especies diferentes del género “cal” debido a las diferencias entre sus formas primitivas.

Häuy presenta algo muy nuevo: sólo se identifica al mineral viéndolo por dentro, según un enfoque teórico que ha de ser aceptado previamente. Por esto Häuy utiliza modelos de madera desmontables que muestran la estructuración interna de los minerales tal como él la concibe. Se puede pasar de la forma secundaria del mineral a la forma primitiva mediante leyes que él mismo enuncia, entre las cuales destacan las leyes de simetría. A partir de todo ello, es capaz de representar al mineral mediante una fórmula con letras y números, la cual expresa algo que ya que no se ve a simple vista: las operaciones que deben realizarse para llegar a obtener la forma primitiva del cristal (Blondel-Mégrelis, 1996)

J.J. Berzelius (1779-1848) es el químico más importante durante los primeros treinta años del XIX. Aplica a la Química, de manera pragmática, las nuevas aportaciones de los cristalógrafos y, como ellos, va también más allá de lo que se ve. El problema al que se enfrentaba era la determinación de las fórmulas, puesto que las masas atómicas no eran seguras. Pues bien, Berzelius considera que las sustancias isomorfas deben tener una estructuración interna similar, es decir, la misma fórmula. Así, adjudica la misma fórmula a las sustancias que cristalizan igual.

La estrategia de Berzelius sólo sirve para las sustancias que son parecidas en muchos de sus aspectos y que constituyen las familias de sustancias identificadas en Química inorgánica (los sulfatos, los nitratos....) Pero no era posible aplicarla a las nuevas sustancias “orgánicas” que, en número creciente, iban siendo generadas en los laboratorios. Un joven químico, A. Laurent (1808-1853) formado en la Escuela Politécnica y con amplios conocimientos en cristalografía, se está enfrentando, con otros muchos, con el problema de ordenar y diferenciar todas estas nuevas sustancias, que no están aún agrupadas en familias (Rocke, 1995).

La investigación de Laurent se centra en las sustancias derivadas del naftaleno, y después, también del antraceno y del benceno. A partir de estas sustancias se obtienen otras, formando así familias “genéticas” de sustancias que se parecen entre ellas. Laurent utiliza el modelo de Häuy como analogía. Postula la existencia de un núcleo común a todas las sustancias de una misma familia genética (concebido en términos geométricos y de simetría, como el de los cristalógrafos) a las sustancias de una misma familia y las formula de tal manera que sea evidente que todas ellas derivan de este núcleo común y que “desmontando” la fórmula se podría llegar a este núcleo, del cual derivan las propiedades más importantes de las sustancias. Nos dice Laurent, por ejemplo:

“Si actúan 4 átomos de cloro sobre el prisma de 6 caras $C_{12}H_{12}$, el cloro se llevará dos átomos de hidrógeno y este hidrógeno será substituido por dos átomos de cloro, formando $C_{12}H_{10}Cl_2$...”

Para conseguir poner en evidencia estas regularidades ha de introducir importantes cambios en la manera de formular de los químicos del momento, que estaban más atentos a describir los cambios y las sustancias que a mostrar regularidades que permitieran clasificar. Con ello contribuye a ordenar, de manera magistral, el caótico campo de la Química orgánica y llega a establecer el concepto de molécula como “unidad de estructura” del compuesto, diferenciándolo de otros que eran sinónimos en la época, como el de átomo y el de equivalente (Blondel-Mégrelis, 1996) (Novistky, 1992).

He aquí un ejemplo de desarrollo fértil de un término: no se fosiliza, sino que se diversifica y genera nuevos conceptos. Y ello porque, partiendo de un problema común (la identificación de materiales) atiende a los interrogantes que progresivamente se definen en diferentes grupos disciplinares para llegar a soluciones diversas: la unidad de estructura de un sólido (la celda unidad del cristal) y la unidad de reacción en una sustancia orgánica (la molécula).

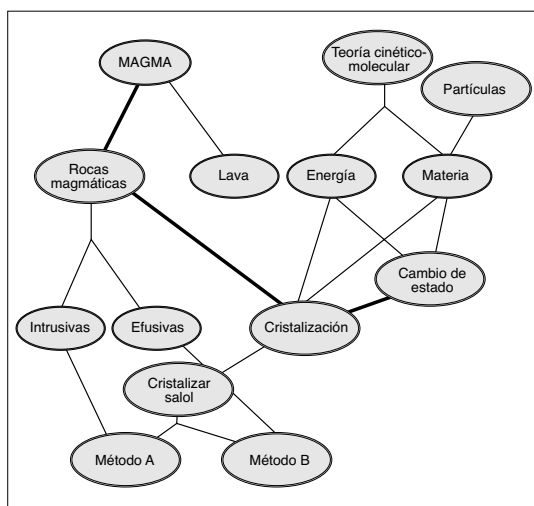
SELECCIÓN DE UNA PALABRA CLAVE: ¿MAGMA, CRISTAL O AMBAS?

El dinamismo y flexibilidad del lenguaje se pierde, al menos aparentemente, en la enseñanza. Los expertos transmiten sus conocimientos a los alumnos mediante textos, y en ellos los lenguajes tienen significados específicos, bastante fijos, puesto que sólo se enseña aquello que ya está totalmente aceptado por el grupo disciplinar y que todos consideran básico.

La administración educativa ha optado por incluir la Física, la Química, la Biología y la Geología en una misma área de conocimiento, en la enseñanza obligatoria, y parece razonable hacerlo así por diversas razones. El problema aparece al intentar seleccionar las ideas fundamentales, no ya de una disciplina, sino de todas las ciencias. Y es que, en efecto, sólo algunos conceptos son comunes a

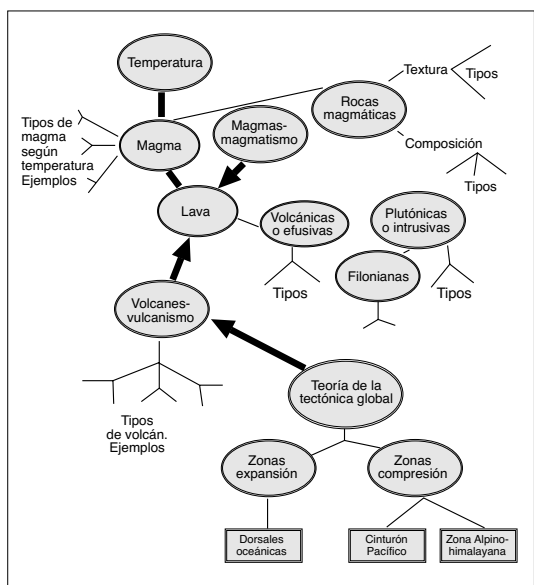
todas las ciencias¹ mientras que otros presentan diferencias sutiles cuando son utilizados desde las diferentes disciplinas. Incluso la manera de agrupar los fenómenos responde ya a una visión de conjunto de todos ellos que es propia de cada una de ellas.

Veamos ahora las diferencias que aparecen al seleccionar los conceptos clave. Presentamos a continuación dos mapas conceptuales, elaborados a partir de dos textos diferentes de la ESO (Clemente et al, 1996) Ambos textos son razonados, es decir, ambos enmarcan los hechos en un entramado de ideas.



Mapa conceptual 1

El resumen del contenido de este texto podría ser: los magmas producen dos tipos de rocas según si cristalizan rápidamente o lentamente, como ocurre cuando cristalizamos salol en el laboratorio.



Mapa conceptual 2

El resumen del texto podría ser: los magmas son diversos, y se producen según nos explica la teoría de tectónica global. Emergen debido al vulcanismo (hay diversos tipos de volcanes), dando lugar a diferentes rocas, con diferentes texturas y composición

Las diferencias entre los dos textos representados en los mapas, son evidentes. Según el enfoque teórico del primero de los textos, correspondiente a 3º de ESO (Mapa 1) la idea principal es relacionar la formación de rocas con la teoría cinético-molecular (estableciendo relaciones entre la manera de cristalizar y la temperatura). El enfoque teórico del segundo no queda tan claro, puesto que lo que sí aparecen es multitud de clasificaciones y ejemplos, todos correspondientes al campo propio de la Geología; pero, aunque sea algo superficialmente, se establece una relación con la teoría de la tectónica global. En ambos se habla de los magmas, volcanes y rocas de origen magmático, pero en el primero el magma se relaciona con la cristalización, y en el segundo, magma es sinónimo de magmatismo y se relaciona con la teoría tectónica.

¿En cual de los textos adquiere el término “Magma” más significado? Creo que en el segundo....si no se sobrecargara tanto el texto con informaciones excesivas si la idea principal fuera justificar la existencia de materia en fusión en el interior de la tierra. En el primer texto no se habla de esto y con ello se pierde una idea teórica que sólo podía introducirse significativamente al hablar de los magmas y de los volcanes. En el primer texto aparece el término cristal, cosa que no se da en el primero. Este término permite conectar con la teoría cinética, pero creo que esta relación es forzada aquí, puesto que la teoría cinético molecular puede introducirse en muchas otras ocasiones de manera más apropiada.

¿QUÉ PISTAS NOS DAN ESTOS TEXTOS (LOS CONCEPTOS) PARA ACTUAR?

Los términos denotan conceptos, y éstos, como hemos visto, entramados de ideas, de acciones, de valores y de proyectos de investigación. Los textos científicos se refieren a las ideas. Se escriben en el seno de un grupo que “sabe hacer” y por esto parecen dar por supuesto que las acciones son del dominio de todos. Recordemos los sustantivos cristalizar y cristalización; el texto pueda hablarnos de la cristalización y del cristal, pero quién no sepa cristalizar no comprenderá bien estos términos..... En ciencias (quizás en todo el conocimiento que no sea una mera especulación) las ideas están condicionadas por lo que permiten hacer. Una de las diferencias entre los expertos y los novatos es que sólo los primeros “saben hacer” a partir de lo que “saben” y lo que leen se relaciona significativamente con ello.

¿Pueden los alumnos encontrar en los textos pistas para actuar? O, dicho de otra manera, ¿qué

¹ Lo son, por ejemplo, aquellos que se relacionan con procedimientos, como disolución, cristalización y fusión.

les permiten hacer los textos? Esta reflexión nos conduce a considerar que el discurso escrito propio de una disciplina siempre tiene como consecuencia una acción que se deriva de él (lo que se llama “un acto lingüístico”). Por ejemplo, el primero de los textos (mapa 1) permite hacer un cristal en el laboratorio simulando una roca magmática; el segundo (mapa 2), permite identificar los numerosos tipos de lavas, de volcanes, de texturas, de composiciones, de zonas tectónicas..... Sea lo que sea lo que el texto nos permita hacer, debemos hacerlo; si no fuera posible, o el texto no contuviera ninguna propuesta de acción (que no sea aprenderlo de memoria), creo el texto no sería suficientemente bueno.

Los textos serán más a menos válidos según si los actos que proponen sirven para dar sentido a los hechos del mundo para los que fueron escritos. Por ello, a pesar de todas las reconstrucciones necesarias cuando deben enseñarse determinadas cosas a los escolares, debería respetarse siempre el punto de vista disciplinar para los conceptos específicos (como magma, que se forma tal como explica la teoría tectónica) y, a partir de ellos y con sumo cuidado, deberían gestarse los conceptos comunes (la teoría cinético-molecular), que deberían desarrollarse lentamente a partir de una idea inicial (que los materiales están hechos de partículas) para llegar a ser tan complejos como necesariamente han de ser, si han de vertebrar disciplinas diferentes.

Así, el concepto “cristal” puede ser común a la Química y a la Geología, pero no siempre es legítimo plantear un problema propio de la Geología y utilizar este concepto para reducir el problema a uno físico-químico, la estructuración interna de los materiales.

CONCLUSIONES

La reflexión final que querría poner a consideración de los lectores se resume en tres ideas, derivadas de la afirmación previa siguiente: el lenguaje se refiere a ideas sobre las cosas y no a las cosas, y unas mismas cosas pueden agruparse de manera diferente según diferentes “maneras de mirar”, dando lugar a diferentes disciplinas.

* La primera de estas ideas es que el lenguaje crece y se desarrolla en un grupo, y que sólo en él tiene su sentido pleno. Por ello, la comunidad que mejor puede hablar del volcán en erupción y del magma es la Geología (con la teoría de la tectónica global) y no la físico-Química (con la teoría cinético-molecular). Sin embargo, estos dos puntos de vista no son contradictorios; simplemente deben subordinarse: una vez se comprende porque existen los magmas (Geología) podemos explicar una de las diferencias entre las rocas efusivas e intrusivas (su diferente estructura cristalina) mediante la teoría cinético - molecular... procurando que no se camu-

fle el concepto de cambio químico, puesto que los procesos de enfriamiento del magma son mucho más complejos que la cristalización del salol.

* La segunda idea es que no existen fronteras para el lenguaje y esto me parece maravilloso. Por ello es legítimo y conveniente que la Geología utilice la Física, la Química o lo que sea para definir y resolver sus problemas, y a la inversa. Si se hace así, los conceptos de las diferentes disciplinas enriquecerán su significado y se harán más complejas. Por ello, los conceptos comunes a las disciplinas nunca son conceptos sencillos y sólo en estado embrionario pueden estructurar una supuesta área común, funcionando como una sugerencia que requiere seguir pensando en ella para que llegue a ser realmente provechosa...y estructurante, cuando adquiera sentido en cada una de las áreas.

* Finalmente, creo que la clase de ciencias es también un “grupo disciplinar” y que en el seno de este grupo deben desarrollarse sus propios lenguajes, según su propia dinámica y a partir de lo que los alumnos lleguen a poder hacer, tanto en el laboratorio y salidas al campo como a partir de los textos que elaboran o que leen. Deberíamos ser exigentes, por ejemplo, con lo que un texto nos permite “hacer”; si el texto no contuviera ninguna propuesta de acción, creo el texto no sería suficientemente bueno. Las ideas, si no conectan con acciones (manuales o intelectuales) en el mundo se aprenden de memoria, y resultan vacías y de poco o ningún interés.

Mi aportación a este número de la revista no es más que una reflexión en voz alta, que requiere sin duda una amplia discusión.

BIBLIOGRAFÍA

- Blondel-Mégrelis, M., (1996). *Dire les choses. Auguste Laurent et la méthode chimique*. Vrin, Paris
- Christie, J.R.R.(1987). Rethoric and writing in early modern philosophy and science. In Benjamin, Cantor and Christie ed., *The figural and the literal* . pp. 1-10.
- Clemente, J.L., Estanya, J.L., Quintanilla, M., Perseguer, C.(1996). Trabajo realizado para el curso “Bases epistemológicas de la enseñanza de las Ciencias, programa de doctorado “Didáctica de las Ciencias.
- Halliday, M.A.K., Martin, J.R.(1993). *Writing Science. Literacy and Discursive Power*. University of Pittsburgh Press. Pittsburgh.
- Izquierdo, M. (1995). Algunes reflexions sobre el llenguatge simbòlic químic. El somni de Lavoisier. *III trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, pp. 365-376.
- Pleyán, C., Nogales, V. (1980). Lenguaje y pensamiento formal en la transmisión del pensamiento científico. *Cuadernos de pedagogía*, V. 67-8, p.13-20
- Novitski, M. (1982). *Auguste Laurent and the prehistory of valence*. Chur: Harwood Academic Publishers.
- Nye, M.J. (1993). *From Chemical Philosophy to Theoretical Chemistry*. Berkeley: University of California Press. California
- A. Roche (1984). *Chemical atomism in the Ninneteenth Century*. . Columbus: Ohio State University Press. Ohio. ■